

524,530

Rec'd PCT/PTO 14 FEB 2005

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
4. März 2004 (04.03.2004)

PCT

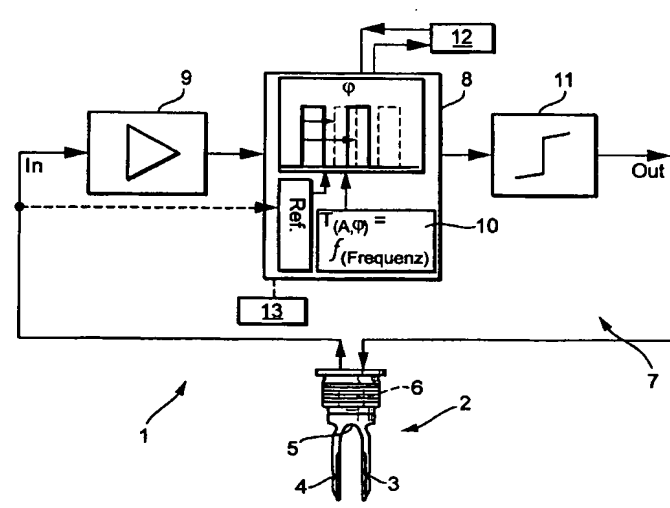
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/018974 A2**

- |   |   |
|---|---|
| <p>(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: <b>G01F</b></p> <p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/007841</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum:<br/>18. Juli 2003 (18.07.2003)</p> <p>(25) Einreichungssprache: Deutsch</p> <p>(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch</p> <p>(30) Angaben zur Priorität:<br/>102 37 931.9 14. August 2002 (14.08.2002) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): <b>ENDRESS + HAUSER GMBH + CO. KG</b><br/>[DE/DE]; Hauptstrasse 1, 79689 Maulburg (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und</p> <p>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): <b>MÜLLER, Alexander</b></p> | <p>[DE/DE]; Am Weiheracker 18, 79585 Steinen (DE).<br/><b>D'ANGELICO, Sascha</b> [DE/DE]; Hölzeleweg 9, 79588 Efringen-Kirchen (DE).</p> <p>(74) <b>Anwalt: ANDRES, Angelika</b>; c/o Endress + Hauser Deutschland Holding GmbH, PatServe, Colmarer Strasse 6, 79576 Weil am Rhein (DE).</p> <p>(81) <b>Bestimmungsstaaten (national):</b> AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.</p> <p>(84) <b>Bestimmungsstaaten (regional):</b> ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),</p> |
|---|---|

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE FOR MONITORING A PREDETERMINED FILLING LEVEL OF A MEASURING MEDIUM IN A CONTAINER

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR ÜBERWACHUNG EINES VORBESTIMMTEN FÜLLSTANDS EINES MESSMEDIUMS IN EINEM BEHÄLTER



10 ... FREQUENCY

(57) Abstract: The invention relates to a vibration detector for determining and/or monitoring a predefined filling level in a container. Said vibration detector comprises an oscillating unit (2), a drive/receiver unit (6), and an evaluation unit (8). The inventive vibration detector can also be used as a viscosity sensor or density sensor. In order to create a multivariable sensor, the oscillating circuit (7) that is formed by the oscillating unit (2) and an electronic feedback device (9) is provided with a microprocessor which corrects the phase of the electronic feedback device (9) across a given frequency bandwidth such that the sum of the phases of the electronic feedback device (9) and the microprocessor (8) follows a predefined function f(n).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/018974 A2



eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

---

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung bezieht sich auf einen Vibrationsdetektor für die Bestimmung und/oder Überwachung eines vorbestimmten Füllstands in einem Behälter mit einer schwingfähigen Einheit (2), einer Antriebs-/Empfangseinheit (6) und einer Auswerteeinheit (8). Der Vibrationsdetektor kann weiterhin als Viskositätssensor oder als Dichtesensor eingesetzt werden. Um einen multivariablen Sensor bereitzustellen, ist daß in dem Schwingkreis (7), gebildet aus schwingfähiger Einheit (2) und Rückkoppelelektronik (9), ein Mikroprozessor (8) vorgesehen ist, wobei der Mikroprozessor (8) über eine vorgegebene Frequenz-Bandbreite die Phase der Rückkoppelelektronik (9) derart korrigiert, daß die Summe der Phasen der Rückkoppelelektronik (9) und des Mikroprozessors (8) einer vorgegebenen Funktion  $f(n)$  folgt.

## **Vorrichtung zur Überwachung eines vorbestimmten Füllstands eines Meßmediums in einem Behälter**

5

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Überwachung eines vorbestimmten Füllstands bzw. zur Bestimmung der Dichte oder der Viskosität eines Meßmediums in einem Behälter. Bei dem Meßmedium kann es sich um  
10 ein fluides Medium, um Schaum oder um ein festes Medium handeln.

Die Vorrichtung weist eine schwingfähige Einheit, eine Antriebs-/Empfangseinheit und eine Auswerteeinheit auf. Die schwingfähige Einheit ist je nach Anwendungsfall auf der Höhe des vorbestimmten Füllstandes angebracht  
15 oder sie ist so positioniert, daß sie bis zu einer definierten Eintauchtiefe in das Meßmedium eintaucht. Weiterhin ist eine Rückkoppel elektronik vorgesehen, die der Antriebs-/Empfangseinheit die Signale zur Anregung der schwingfähigen Einheit liefert. Die Rückkoppel elektronik besteht bevorzugt aus einer Grundwellenanregung, wie sie bereits aus dem Stand der Technik bekannt  
20 geworden ist. Insbesondere sei an dieser Stelle auf die vom LIQUIPHNT M bekannt gewordene Grundwellenanregung verwiesen.

Anhand einer Frequenz- und/oder Amplitudenänderung der Schwingung der schwingfähigen Einheit ermittelt die Auswerteeinheit das Erreichen des vorbestimmten Füllstandes. Im Falle einer Dichte- oder Viskositätsmessung  
25 ermittelt die Auswerteeinheit die Dichte bzw. die Viskosität des Meßmediums in Abhängigkeit von einer Änderung der Schwingung der schwingfähigen Einheit.

Es sind bereits Vorrichtungen mit einer schwingfähigen Einheit, sog.  
30 Vibrationsdetektoren, zur Detektion bzw. zur Überwachung des Füllstandes eines Mediums in einem Behälter bekannt geworden. Bei der schwingfähigen Einheit handelt es sich üblicherweise um zumindest einen Schwingstab, der an einer Membran befestigt ist. Die Membran wird über einen elektromechanischen Wandler, z. B. ein piezoelektrisches Element, zu Schwingungen  
35 angeregt. Aufgrund der Schwingungen der Membran führt auch die an der Membran befestigte schwingfähige Einheit Schwingungen aus. Vibrations-

detektoren der zuvor beschriebenen Art werden von der Anmelderin unter der Bezeichnung 'LIQUIPHANT' hergestellt und vertrieben.

5 Als Füllstandsmeßgeräte ausgebildete Vibrationsdetektoren nutzen den Effekt aus, daß die Schwingungsfrequenz und die Schwingungsamplitude abhängig sind von dem jeweiligen Bedeckungsgrad der schwingfähigen Einheit:  
10 Während die schwingfähige Einheit in Luft frei und ungedämpft ihre (Resonanz-) Schwingungen ausführen kann, erfährt sie eine Frequenz- und Amplitudenänderung, also eine Verstimmung, sobald sie teilweise oder vollständig in das Meßmedium eintaucht. Anhand einer vorbestimmten Frequenz-  
15 änderung (üblicherweise wird zur Füllstandserkennung die Frequenz detektiert) läßt sich folglich ein eindeutiger Rückschluß auf das Erreichen des vorbestimmten Füllstandes des Mediums in dem Behälter ziehen. Füllstandsmeßgeräte werden übrigens vornehmlich als Überfüllsicherungen oder zum Zwecke des Pumpenleerlaufschutzes verwendet.

Darüber hinaus wird die Frequenz der Schwingung der schwingfähigen Einheit auch von der Dichte des Mediums beeinflußt. Daher besteht bei konstantem  
20 Bedeckungsgrad eine funktionale Beziehung zwischen der Frequenzänderung und der Dichte des Mediums, so daß Vibrationsdetektoren sowohl für die Füllstands- als auch für die Dichtebestimmung bestens geeignet sind.

In der Praxis werden zwecks Überwachung und Erkennung des Füllstandes bzw. der Dichte oder der Viskosität des Mediums in dem Behälter die  
25 Schwingungen der Membran aufgenommen und mittels zumindest eines piezoelektrischen Elements in elektrische Antwortsignale umgewandelt. Die elektrischen Antwortsignale werden anschließend von einer Auswerteeinheit ausgewertet. Im Falle der Füllstandsbestimmung überwacht die Auswerteeinheit die Schwingungsfrequenz und/oder die Schwingungsamplitude der  
30 schwingfähigen Einheit und signalisiert den Zustand 'Sensor bedeckt' bzw. 'Sensor unbedeckt', sobald die Meßwerte einen vorgegebenen Referenzwert unter- oder überschreiten. Eine entsprechende Meldung an das Bedienungspersonal kann auf optischem und/oder auf akustischem Weg erfolgen. Alternativ oder zusätzlich wird ein Schaltvorgang ausgelöst; so wird etwa ein  
35 Zu- oder Ablaufventil an dem Behälter geöffnet oder geschlossen.

Aus der WO 02/31471 A2 ist darüber hinaus eine Vorrichtung zur Messung und/oder Überwachung der Viskosität eines Meßmediums bekannt geworden. Die Vorrichtung besteht auch hier aus einer schwingfähigen Einheit, die an einer Membran festgemacht ist, aus einer Antriebs-/Empfangseinheit und einer Regel-/Auswerteeinheit. Die Regel-/Auswerteeinheit bestimmt anhand der Frequenz-Phase-Kurve die Viskosität des Meßmediums. Insbesondere stellt die Regel-/Auswerteeinheit zwei voneinander hinreichend verschiedene Phasenwerte ein, bestimmt die den Phasen zugeordneten Frequenzen bzw. die entsprechende Frequenzänderung der Schwingungen der schwingfähigen Einheit, vergleicht die ermittelte Frequenzänderung mit abgespeicherten Sollwerten und bestimmt so die Viskosität des Meßmediums.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Füllstands- und/oder Dichte- oder Viskositätsmessung vorzuschlagen, die einen konstanten Phasengang über eine große Frequenz-Bandbreite (Arbeitsbereich) aufweist.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß in dem Schwingkreis, gebildet aus schwingfähiger Einheit und Rückkoppel elektronik, ein Mikroprozessor vorgesehen ist, daß der Mikroprozessor über eine vorgegebene Frequenz-Bandbreite die Phase der Rückkoppel elektronik derart korrigiert, daß die Summe der Phasen der Rückkoppel elektronik und des Mikroprozessors einer vorgegebenen Funktion  $f(v)$  folgt. Bei der Rückkoppel elektronik handelt es sich z. B. um eine analoge Rückkoppel elektronik, wie sie in dem von der Anmelderin angebotenen und vertriebenen LIQUIPHANT M zum Einsatz kommt. Es versteht sich von selbst, daß die Erfindung nicht auf diese besondere Form der Rückkoppel elektronik beschränkt ist.

Durch die erfindungsgemäße Integration des Mikroprozessors in den Schwingkreis ist es möglich, einen Vibrationsdetektor auf 'intelligente' Art und Weise so zu beeinflussen, daß er über einen ausgedehnten Arbeitsbereich einen konstanten Phasengang aufweist. Darüber hinaus ist er an die unterschiedlichsten Gegebenheiten und Anforderungen am Meßort beliebig anpaßbar. Weiterhin kann die erfindungsgemäße Vorrichtung als sog. Multi-variabler Sensor bei der Bestimmung des Füllstands ebenso eingesetzt werden wie bei der Viskositäts- oder Dichtemessung.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung liegt die Frequenz-Bandbreite bevorzugt in den Grenzen von 300 bis 1500 Hz. Die Rückkoppel­elektronik hat desweiteren die Aufgabe - im Falle eines  
5 Ausfalls der Antriebs-/Empfangseinheit - eine Signalisierung mittels der der Rückkoppel­elektronik eigenen Resonanzfrequenz zu erzeugen (siehe Amplitudenverhalten in Fig.2). Diese Frequenz liegt außerhalb der Frequenz-Bandbreite des multivariablen Sensors.

10 Eine günstige Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung sieht vor, daß dem Mikroprozessor eine Speichereinheit zugeordnet ist, in der ein Korrekturwert für die Phase in Abhängigkeit von der Frequenz der Schwingung abgespeichert sind. Insbesondere sind die Korrekturwerte für die Phase in Form einer Tabelle oder in Form einer oder mehrerer Funktionen in  
15 der Speichereinheit verfügbar. Letzterer Fall tritt auf, wenn zusätzliche Prozeßgrößen, die den Phasengang der Rückkoppel­elektronik beeinflussen, z.B. die Temperatur am Meßort, berücksichtigt werden.

Um eine optimale Arbeitsweise der erfindungsgemäßen Vorrichtung sicherzu-  
20 stellen, sorgt der Mikroprozessor beispielsweise dafür, daß im gesamten Arbeitsbereich die Funktion  $f(v)$  einen konstanten Wert annimmt. Der konstante Wert kann beispielsweise  $0^\circ$  betragen. Je nach Applikationsfall kann die Summe der Phasen von Rückkoppel­elektronik und Mikroprozessor auch einen von Null verschiedenen konstanten Wert aufweisen. Prinzipiell  
25 kann die Konstante, die die Summe der Phasen repräsentiert, jeden Wert zwischen  $-180^\circ$  bis  $+180^\circ$  annehmen.

Durch diese Ausgestaltung ist es beispielsweise möglich, auf die durch  
Schaum veränderten Bedingungen am Meßort zu reagieren. Ebenso ist es möglich, den Schaum unter bestimmten Voraussetzungen von dem flüssigen  
30 Meßmedium zu unterscheiden. Desweiteren ist eine frei veränderliche Phase - wie bereits an vorhergehender Stelle erwähnt - eine unabdingbare Voraussetzung für die Viskositätsmessung.

Betrachten wir folgende Beispiele: Ein Grenzwertschalter wird als Überfüll-  
35 sicherung in einem Behälter eingesetzt, in dem ein flüssiges, stark schäumen- des Meßmedium gelagert ist. In einem solchen Fall muß der Grenzschafter

bereits dann ein Schaltsignal ausgeben, wenn der Schaum mit der schwingfähigen Einheit in Kontakt kommt und nicht erst, wenn die schwingfähige Einheit in das flüssige Meßmedium eintaucht. Um ein Ansprechen des Grenzstandsensors auf den Schaum sicherzustellen, wird die Summe der Phasen der Rückkoppelelektronik und des Mikroprozessors auf einen von Null verschiedenen Wert, z. B. auf  $+50^\circ$  eingestellt. Weiterhin kann eine optimierte Anpassung für den Fall erfolgen, daß der Grenzwertschalter als Trockenlaufschutz eingesetzt wird, z.B. auf  $-20^\circ$ . In einem solchen Fall ist der Schaltpunkt des Grenzsalters so eingestellt, daß der Schaum ignoriert wird.

Gemäß einer günstigen Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist eine Eingabe-/Anzeigeeinheit vorgesehen, an der die Funktion  $f(v)$  vorgebar ist. Damit ist es möglich, je nach Anwendungsfall eine Dichte-, Viskositäts- oder Schaummessung zu ermöglichen, ohne daß an den einzelnen Komponenten des Elektronikteils irgendwelche Hardware-Anpassungen notwendig sind. Es versteht sich, daß die Datenkommunikation anstelle der Vororteingabe z.B. über einen Feldbus erfolgen kann.

Bevorzugt stellt die Rückkoppelelektronik dem Mikroprozessor ein periodisches, vorzugsweise ein rechteckförmiges Signal zur Verfügung, das von dem Mikroprozessor zur Bestimmung eines Korrekturwerts für die Phase verwendet wird. Damit wird erreicht, daß das vom Mikroprozessor kommende Signal nicht A/D gewandelt und im Frequenzbereich gefiltert werden muß. Vielmehr wird das vom Mikroprozessor kommende Signal im Zeitbereich verarbeitet. Aus diesem Grund kann ein kostengünstiger Mikroprozessor zum Einsatz kommen, da keine A/D-Wandlung mit einer rechenaufwendigen Filterung im Frequenzbereich notwendig ist.

Insbesondere führt der Mikroprozessor die folgenden Schritte aus: In einem ersten Schritt bestimmt der Mikroprozessor anhand der Flanken, z.B. anhand der aufsteigenden Flanken des rechteckförmigen Eingangssignals die Frequenz des Schwingkreises; anschließend ordnet der Mikroprozessor der ermittelten Frequenz den entsprechenden, abgespeicherten Korrekturwert für die Phase zu; in einem dritten Schritt veranlaßt der Mikroprozessor die Ausgabe eines Ausgangssignals mit der unter Schritt zwei ermittelten

korrigierten Phase. Damit erfolgt die Regelung im Schwingkreis auf den vorgebbaren oder vorgegebenen Phasengang nahezu in Echtzeit.

5 Weiterhin wird vorgeschlagen, daß der Mikroprozessor die Frequenz über mehrere Perioden des Eingangssignals ermittelt und eine Frequenzgewichtung vornimmt. Es zeigt sich in der Praxis, daß der Mikroprozessor in Abhängigkeit von der Qualität des Signals über eine Vielzahl von Perioden nicht immer dieselbe Frequenz ermittelt. An diesem Punkt setzt eine Frequenzgewichtung ein. Falls es aus z.B. applikationstechnischen Gründen  
10 sinnvoll ist, die schwingfähige Einheit zu kleineren Frequenzen hin zu zwingen, so kann der Mikroprozessor anhand der zuletzt gemessenen Perioden die kleinste der ermittelten Frequenzen ausgeben. Es versteht sich von selbst, daß auch andere applikationstechnische Gegebenheiten durch entsprechende Vorgabe am Mikroprozessor berücksichtigt werden können. Es kann z.B. über  
15 mehrere Perioden eine Frequenzmittelung durchgeführt werden, oder es wird die größte bestimmte Frequenz ausgewählt und zur Verstärkung dem nachfolgend genannten Booster zugeführt.

20 Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist eine Verstärkerschaltung (→ Booster) vorgesehen, über die das Ausgangssignale des Mikroprozessors der Antriebseinheit für die schwingfähige Einheit zugeleitet werden.

25 Eine bevorzugte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung sieht vor, daß der Mikroprozessor zusätzlich die Aufgaben der Auswerteeinheit übernimmt und das Erreichen des vorbestimmten Füllstands ermittelt oder die Viskosität, die Dichte oder die Schaumbildung des Meßmediums bestimmt und signalisiert.

30 Eine vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung sieht vor, daß die Rückkoppelelektronik dem Mikroprozessor ein Signal zur Verfügung stellt, das amplitudenproportional zum Eingangssignal ist. Wichtig ist diese Ausgestaltung, wenn es sich bei dem Meßmedium um ein festes Medium handelt. So wird z.B. bei dem von der Anmelderin angebotenen und  
35 vertriebenen SOLIPHANT die Amplituden- und nicht die Frequenzänderung zwecks Erkennung und/oder Überwachung des Füllstands ausgewertet.



Darüber hinaus ist ein Sensor zur Messung einer Prozeßgröße, z. B. ein Temperatursensor vorgesehen ist, der dem Mikroprozessor Information hinsichtlich der Prozeßgröße, z. B. hinsichtlich der Temperatur bereitstellt, und  
5 daß der Mikroprozessor den Einfluß der Prozeßgröße bei der Bereitstellung des Korrekturwertes für die Phase berücksichtigt.

10 Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden Zeichnungen näher erläutert.  
Es zeigt:

Fig. 1: ein Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Vorrichtung und

15 Fig. 2: eine graphische Darstellung des Verlaufs der Phase, der korrigierten Phase und der Verstärkung aufgetragen gegen die Frequenz.

Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung handelt es sich um einen Grenzschalter. Die  
20 in der Fig. 1 gezeigte Vorrichtung 1 ist selbstverständlich auch – wie bereits an vorhergehender Stelle erläutert - zur Bestimmung der Dichte oder der Viskosität eines in einem Behälter befindlichen Meßmediums geeignet. Behälter und Meßmedium sind in der Fig. 1 nicht gesondert dargestellt. Während im Fall der Füllstandsbestimmung die schwingfähige Einheit 2 nur  
25 bei Erreichen des detektierten Grenzfüllstandes in das Meßmedium bzw. nicht in das Meßmedium eintaucht, muß sie zwecks Überwachung bzw. Bestimmung der Dichte oder der Viskosität kontinuierlich bis zu einer vorbestimmten Eintauchtiefe mit dem Meßmedium in Kontakt sein. Bei dem Behälter kann es sich natürlich auch um ein Rohr handeln, das von dem Medium durchflossen  
30 wird.

Der Sensor weist ein Gehäuse auf, das an seinem in den Behälter hineinragenden Endbereich von der Membran 5 abgeschlossen ist. Die Membran 5 ist in ihrem Randbereich in das Gehäuse eingespannt. An der  
35 Membran 5 ist die in den Behälter ragende schwingfähige Einheit 2 befestigt. Im dargestellten Fall hat die schwingfähige Einheit 2 die Ausgestaltung einer

Stimmgabel, umfaßt also zwei voneinander beabstandete, auf der Membran 5 befestigte und in den Behälter hineinragende Schwingstäbe 3, 4.

5 Die Membran 5 wird von der Antriebs-/Empfangseinheit 6 in Schwingungen mit einer vorgegebenen Erregerfrequenz versetzt. Bei der Antriebs-/Empfangseinheit 6 handelt es sich z. B. um einen Stapelantrieb oder um einen Bimorphantrieb. Beide Arten von piezoelektrischen Antrieben sind aus dem Stand der Technik hinreichend bekannt, so daß an dieser Stelle auf ihre Beschreibung verzichtet werden kann. Aufgrund der Schwingungen der  
10 Membran 5 führt auch die schwingfähige Einheit 2 Schwingungen aus, wobei die Schwingfrequenz unterschiedlich ist, wenn die schwingfähige Einheit 2 mit dem Meßmedium in Kontakt ist und so beim Schwingen die Masse des anhängenden Meßmediums mitbewegen muß, oder wenn die schwingfähige Einheit 2 frei und ohne Kontakt mit dem Meßmedium schwingen kann.

15 Piezoelektrischen Elemente ändern ihre Abmessungen (Dicke, Durchmesser) in Abhängigkeit von einer in Polarisationsrichtung anliegenden Spannungsdifferenz. Liegt eine Wechselspannung an, so oszilliert die Dicke: Nimmt die Dicke zu, so nimmt der Durchmesser des piezoelektrischen Elementes ab;  
20 nimmt andererseits die Dicke ab, so vergrößert sich der Durchmesser des piezoelektrischen Elements entsprechend.

Aufgrund dieses Schwingungsverhaltens des piezoelektrischen Elements bewirkt die Spannungsdifferenz ein Durchbiegen der in das Gehäuse  
25 eingespannten Membran 5. Die auf der Membran 5 angeordneten Schwingstäbe des schwingfähigen Einheit 2 führen aufgrund der Schwingungen der Membran 5 gegensinnige Schwingungen um ihre Längsachse aus. Die gegensinnigen Schwingungen haben den Vorteil, daß sich die von jedem Schwingstab 3, 4 auf die Membran 5 ausgeübten Wechselkräfte gegenseitig  
30 aufheben. Hierdurch wird die mechanische Beanspruchung der Einspannung minimiert, so daß näherungsweise keine Schwingungsenergie auf das Gehäuse übertragen wird.

35 Das mechanische Schwingssystem, gebildet aus Antriebs-/Empfangseinheit 6, Membran 5 und schwingfähiger Einheit 2, ist in den Schwingkreis 7 eingebunden. Neben dem mechanischen Schwingssystem weist der Schwingkreis 7

auch eine elektrische Komponente auf, die großteils durch die Rückkoppelelektronik 9 verkörpert wird. Die Rückkoppelelektronik 9 kann beispielsweise so ausgebildet sein, wie sie in dem von der Anmelderin angebotenen und vertriebenen LIQUIPHANT M ausgestaltet ist. Die Rückkoppelelektronik 9 stellt periodische Signale, insbesondere Rechtecksignale zur Verfügung, die über den Booster (Verstärkerschaltung) der Antriebs-/Empfangseinheit 6 zugeführt und von dort auf die Membran 5 übertragen werden. Nachfolgend schwingt die Membran 5 mit der montierten schwingfähigen Einheit 2 mit der vorgegebenen Frequenz.

In den Schwingkreis 7 ist desweiteren der Mikroprozessor 8 integriert. Dieser Mikroprozessor 8 korrigiert als 'intelligentes' Glied die Phase der Rechtecksignale in Abhängigkeit von der Frequenz. Der jeweils einem gemessenen Frequenzwert zugehörige Phasenkorrekturwert ist in der Speichereinheit 10 abgespeichert. Der Phasenkorrekturwert kann noch von weiteren Parametern, beispielsweise der Temperatur beeinflusst werden. Deshalb ist zusätzlich ein Temperatursensor 13 vorgesehen, der Information über die Temperatur am Meßort liefert bzw. im Bereich der Rückkoppelelektronik liefert.

Das dem Mikroprozessor 8 zugeführte Eingangssignal (In) wird nicht A/D gewandelt und anschließend im Frequenzbereich gefiltert, sondern es wird im Zeitbereich verarbeitet. Hierzu führt der Mikroprozessor 8 die folgenden Schritte aus:

- in einem ersten Schritt wird z. B. anhand der aufsteigenden Flanken des rechteckförmigen Eingangssignals die Frequenz des Schwingkreises bestimmt;
- in einem zweiten Schritt wird der der bestimmten Frequenz zugeordnete Phasenkorrekturwert ermittelt;
- in einem dritten Schritt wird ein Ausgangssignal generiert, das die im zweiten Schritt ermittelte korrigierte Phase aufweist. Dieses phasenkorrigierte Signal wird im Booster 12 verstärkt und triggert die Antriebs-/Empfangseinheit 6.

Eventuell veranlaßt der Mikroprozessor neben der Phasenkorrektur auch noch eine Amplitudenkorrektur. Hierdurch erfolgt eine Gewichtung der Frequenz zur weiteren 'intelligenten' Einflußnahme. Weiterhin ist vorgesehen, daß dem

Mikroprozessor 8 von der (analogen) Rückkoppelelektronik 9 ein Signal geliefert wird, das amplitudenproportional zum Eingangssignal (in) ist.

5 In Fig. 2 ist eine graphische Darstellung des Verlaufs der Phase und der korrigierten Phase gegen die Frequenz aufgetragen. Der durchgezogene, gepunktete Graph gibt die Phase in Abhängigkeit von der Frequenz ohne Phasenkorrektur durch den Mikroprozessor 8 wieder. Die durchgezogene Linie mit den Kreuzen charakterisiert die Phase in Abhängigkeit von der Frequenz bei Phasenanpassung durch den Mikroprozessor 8. Durch die  
10 Phasenkorrektur wird im gezeigten Fall erreicht, daß die Schwingungen über den gesamten Arbeitsbereich einen konstanten Phasengang aufweisen. Im dargestellte Fall erfolgt eine Phasenkorrektur auf 0°.

15 Weiterhin nimmt der Mikroprozessor 8 eine Verstärkung der Ausgangssignale vor, wobei im gezeigten Fall die Verstärkung im Arbeitsbereich gleichfalls auf einen konstanten Wert geregelt ist.

20 Die Korrekturwerte für die Phasen in Abhängigkeit von der Frequenz sind gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung in Form einer Tabelle oder in Form einer Funktion in der Speichereinheit 10 verfügbar.

Anstelle der abgespeicherten Phasenkorrekturwerte kann auch eine Online-Bestimmung der optimalen, an die tatsächlich herrschenden Gegebenheiten am Meßort angepaßten Phasenkorrekturwerte erfolgen. Dies ist in Fig. 1  
25 durch die Bezeichnung (Ref) und die gestrichelten Linie dargestellt. Anhand eines Vergleichs der Phase des Eingangssignals (in) und der Phase des Ausgangssignals der Rückkoppelelektronik 9 ist es möglich, den aktuellen und damit optimalen Phasenkorrekturwert zu ermitteln. Hierdurch läßt sich die Zuverlässigkeit und Genauigkeit der erfindungsgemäßen Vorrichtung noch  
30 einmal erhöhen.

**Bezugszeichenliste**

5	1	Füllstandsgrenzschalter
	2	Schwingfähige Einheit
	3	Schwingstab
	4	Schwingstab
	5	Membran
10	6	Antriebs-/ Empfangseinheit
	7	Schwingkreis
	8	Auswerteeinheit / Mikroprozessor
	9	Rückkoppelelektronik
15	10	Speichereinheit
	11	Booster
	12	Eingabe-/Anzeigeeinheit
	13	Sensor

## Patentansprüche

5

1. Vorrichtung zur Überwachung eines vorbestimmten Füllstands bzw. zur Bestimmung der Dichte oder der Viskosität eines Meßmediums in einem Behälter mit einer schwingfähigen Einheit (2), einer Antriebs-/Empfangseinheit (6) und einer Auswerteeinheit (8),

10

wobei die schwingfähige (2) Einheit auf der Höhe des vorbestimmten Füllstandes angebracht ist bzw. wobei die schwingfähige Einheit (2) so angebracht ist, daß sie bis zu einer definierten Eintauchtiefe in das Meßmedium eintaucht,

15

wobei eine Rückkoppel elektronik (9) vorgesehen ist, über die die Antriebs-/Empfangseinheit (6) die schwingfähige Einheit (2) zu einer Schwingung mit einer vorgegebenen Schwingfrequenz anregt,

20

wobei die Auswerteeinheit (8) anhand einer Frequenz- und/oder Amplitudenänderung der Schwingung der schwingfähigen Einheit (2) das Erreichen des vorbestimmten Füllstandes erkennt bzw. wobei die Auswerteeinheit (8) die Dichte oder die Viskosität des Meßmediums anhand einer Änderung der Schwingung der schwingfähigen Einheit (2) ermittelt,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß in dem Schwingkreis (7), gebildet aus schwingfähiger Einheit (2) und Rückkoppel elektronik (9), ein Mikroprozessor (8) vorgesehen ist,

25

daß der Mikroprozessor (8) über eine vorgegebene Frequenz-Bandbreite die Phase der Rückkoppel elektronik (9) derart korrigiert, daß die Summe der Phasen der Rückkoppel elektronik (9) und des Mikroprozessors (8) einer vorgegebenen Funktion  $f(v)$  folgt.

30

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Frequenz-Bandbreite bevorzugt in den Grenzen von 300 bis 1500 Hz liegt.

35

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**

5 daß die Summe der Phasen der Rückkoppelelektronik (9) und des Mikroprozessors (8) einer vorgegebenen Funktion  $f(v) = \text{const.}$  folgt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3,

10 daß dem Mikroprozessor (8) eine Speichereinheit (10) zugeordnet ist, in der jeweils zumindest ein Korrekturwert für die Phase in Abhängigkeit von der Frequenz abgespeichert ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4,

**dadurch gekennzeichnet,**

15 daß der Korrekturwert für die Phase in Abhängigkeit von der Frequenz in Form einer Tabelle oder in Form eines Rechenalgorithmus' in der Speichereinheit (10) verfügbar ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1,

20 **dadurch gekennzeichnet,**

daß eine Eingabe-/Anzeigeeinheit (12) vorgesehen ist, über die die Funktion  $f(v)$  vorgebar ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1,

25 **dadurch gekennzeichnet,**

daß die Rückkoppelelektronik (9) dem Mikroprozessor (8) ein periodisches, vorzugsweise ein rechteckförmiges Eingangssignal zur Verfügung stellt, das von dem Mikroprozessor (8) zur Bestimmung eines Korrekturwerts für die Phase verwendet wird.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 7,

**dadurch gekennzeichnet,**

35 daß der Mikroprozessor (8) das von der Rückkoppelelektronik (9) gelieferte Signal im Zeitbereich auswertet und weiter verarbeitet.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß der Mikroprozessor (8) in einem ersten Schritt anhand der Flanken des rechteckförmigen Eingangssignals (in) die Frequenz des Schwingkreises (7) bestimmt,

daß der Mikroprozessor (8) in einem zweiten Schritt den der bestimmten Frequenz zugeordnete Phasenkorrekturwert ermittelt, und

daß der Mikroprozessor (8) ein Ausgangssignal mit der unter Schritt zwei ermittelten korrigierten Phase ausgibt.

10. Vorrichtung nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß der Mikroprozessor (8) die Frequenz über mehrere Perioden des Eingangssignals (in) ermittelt und eine Frequenzgewichtung vornimmt.

11. Vorrichtung nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß eine Verstärkerschaltung (11) vorgesehen ist, über die ein Ausgangssignale (out) des Mikroprozessors (8) der Antriebseinheit (6) für die schwingfähige Einheit (2) zugeleitet werden.

12. Vorrichtung nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß der Mikroprozessor (8) zusätzlich die Aufgaben der Auswerteeinheit übernimmt und das Erreichen des vorbestimmten Füllstands ermittelt oder die Viskosität oder die Dichte des Meßmediums ermittelt.

13. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 11,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Rückkoppelelektronik (9) dem Mikroprozessor (8) ein Signal zur Verfügung stellt, das amplitudenproportional zum Eingangssignal (in) ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 4,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß ein weiterer Sensor zur Messung einer Prozeßgröße, z. B. ein Temperatursensor (13) vorgesehen ist, der dem Mikroprozessor Information



hinsichtlich der Prozeßgröße, z. B. hinsichtlich der Temperatur bereitstellt, und daß der Mikroprozessor den Einfluß der Prozeßgröße bei der Bereitstellung eines Korrekturwertes für die Phase berücksichtigt.

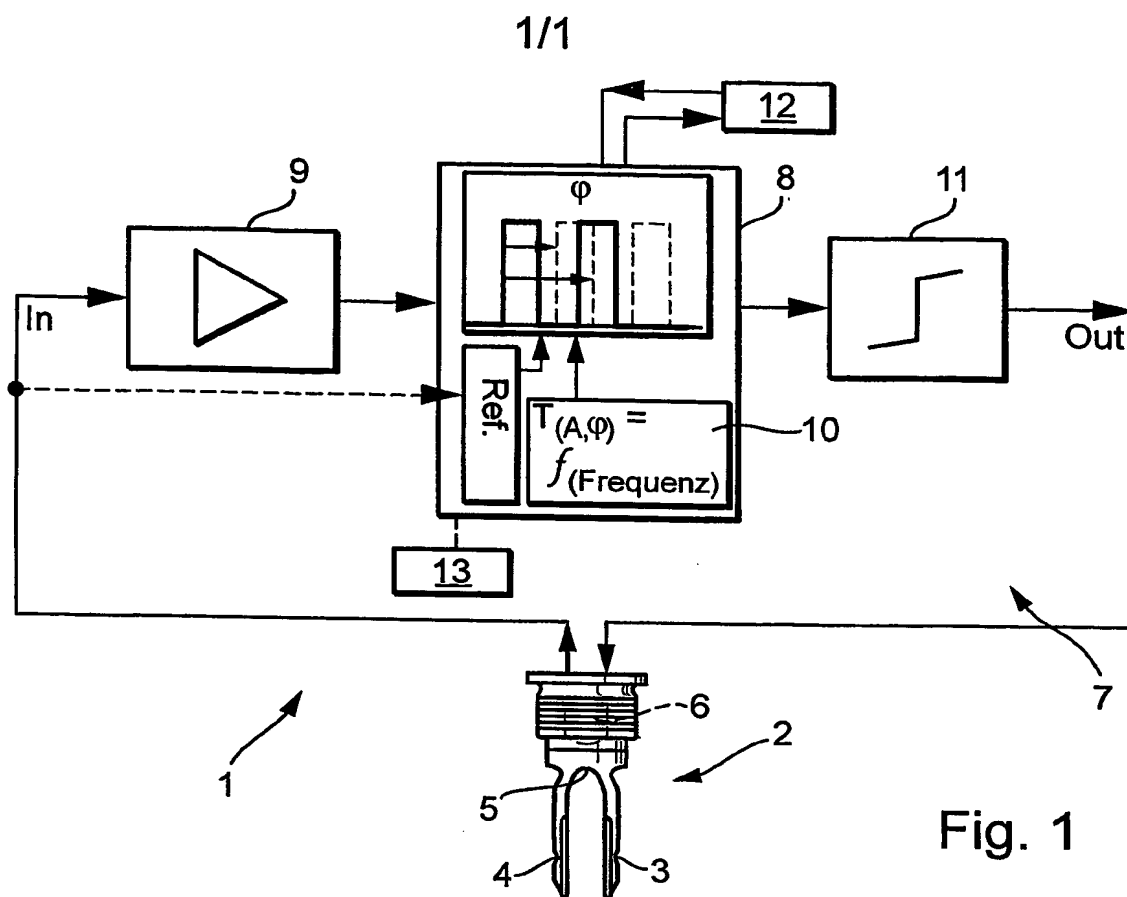


Fig. 1

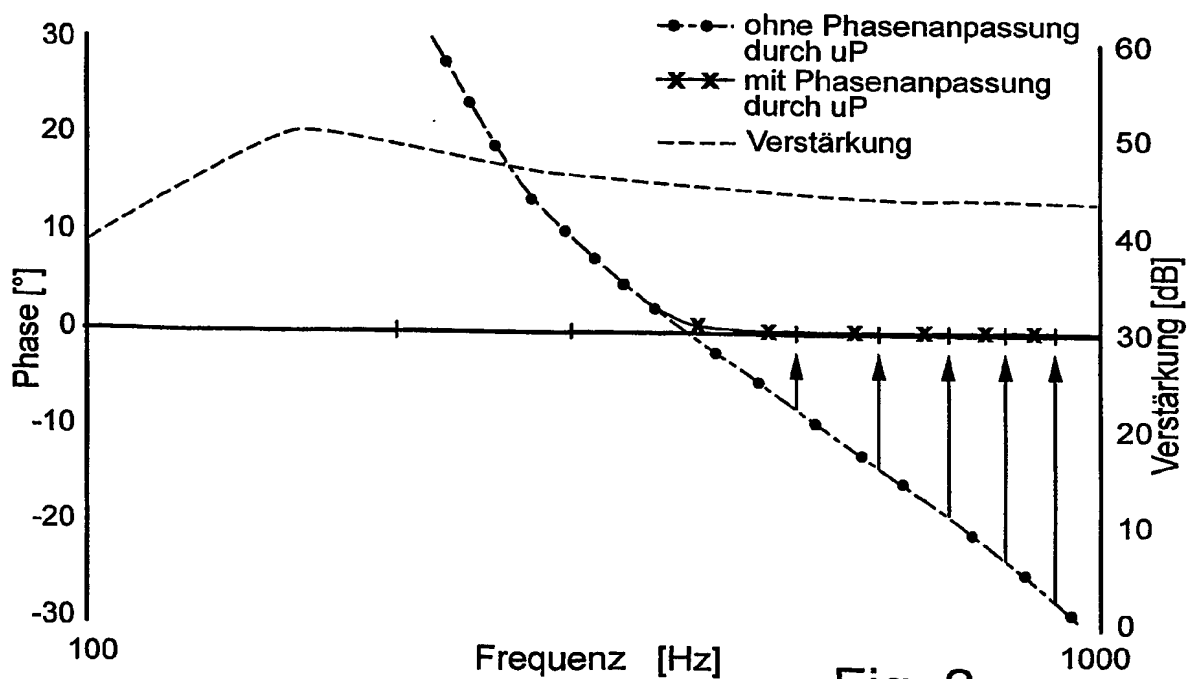


Fig. 2